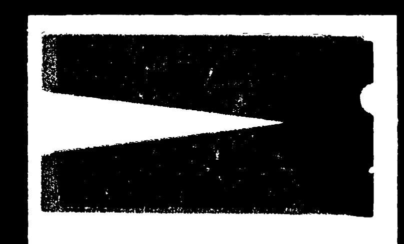




В. Ф. ШИЛОВ

измерительные приборы на электронно-оптическом индикаторе



МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 770

В. Ф. ШИЛОВ

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ НА ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКОМ ИНДИКАТОРЕ



«ЭНЕРГИЯ»
МОСКВА 1971

6Ф2.08
Ш59

УДК 621.317.3

В. Ф. Шилов

Ш 59 Измерительные приборы на электронно-оптическом индикаторе, М., «Энергия», 1971.

40 стр. с илл. (Массовая радиобиблиотека, вып. 770)

Брошюра знакомит читателей с простыми и комбинированными измерительными приборами, построенными на основе электронно-оптического индикатора, которые предназначены для измерения следующих электрических и неэлектрических величин: тока, напряжения, сопротивления, индуктивности, емкости, частоты, освещенности, температуры и т. д. Дана методика изготовления, налаживания, градуировки и использования этих измерительных приборов.

Брошюра предназначена для начинающих радиолюбителей.

3-4-5
346-70 6Ф2.08

ШИЛОВ ВАЛЕНТИН ФЕДОРОВИЧ

Измерительные приборы на электронно-оптическом индикаторе

Редактор *А. П. Алешкин* Обложка художника *А. А. Иванова*
Техн. редактор *В. В. Зеркаленкова* Корректор *Н. В. Лобанова*

Сдано в набор 8/IX 1970 г. Подписано к печати 11/III 1971 г. Т-03081
Формат 84 × 108[1]/32 Бумага типографская № 2
Усл. печ. л. 2,1 Уч. изд. л. 2,62
Тираж 30 000 экз. Цена 11 коп. Зак. 438
Издательство «Энергия». Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Отпечатано с готового набора в Московской типографии № 10
Главполиграфпрома Комитета по печати при Совете Министров СССР
Шлюзовая наб. 10 Зак. 139

ВВЕДЕНИЕ

Изготовление радиоэлектронной аппаратуры (усилителя низкой частоты, приемника, автоматического устройства и т. д.), проверка, ремонт и налаживание ее, как правило, сопровождаются различными электрическими измерениями. При этом чаще всего приходится измерять сопротивления, емкости и индуктивности элементов устройства, а также напряжения и токи в его цепях, определять частоту настройки колебательных контуров.

Измерение электрической величины заключается в сравнении ее с помощью электрических мер и измерительных приборов с определенным значением этой величины, принятым за единицу. Мера представляет конкретный образец (резистор, катушку индуктивности, конденсатор и т. п.) с известной точностью воспроизводящий единицу измерения (ом. генри, фараду и т. п.) либо ее кратное или дробное значение.

Измерительным прибором называется устройство, служащее для прямого или косвенного сравнения измеряемой величины с мерами. В большинстве приборов прямого сравнения для установления соотношения между мерами и измеряемой величиной используются явления резонанса и нулевых биений или производится уравновешивание (балансировка) измерительной схемы. В приборах косвенного сравнения отсчет производится непосредственно по шкале стрелочного или другого индикатора, предварительно проградуированного при помощи мер.

Процесс измерения как операция, при которой устанавливается количественное отношение между измеряемой величиной и заранее выбранной единицей измерения, имеет большую познавательную ценность и сопутствует любому контролю производственных процессов, определению степени работоспособности машин, установок, в том числе и радиотехнических устройств.

Радиотехнические измерения используют и для оценки неэлектрических величин. Такие величины как давление, температура, влажность, механические вибрации, линейные удлинения при нагревании и др. можно преобразовать с помощью специальных датчиков в электрические и оценивать их, используя приборы и методы электрических и радиотехнических измерений. Целью же измерений является получение численного значения измеряемой величины.

Описываемые в брошюре измерительные приборы созданы на основе электронно-оптического индикатора. Эти приборы просты в изготовлении, но точность измерений с их помощью невысока, поэтому они могут служить лишь для приблизительной оценки той или иной электрической величины.

ТИПЫ ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИХ ИНДИКАТОРОВ

Электронно-оптический индикатор 6Е5С. В стеклянном баллоне электронно-оптического индикатора фактически размещены две взаимно связанные лампы: триод в нижней части баллона и собственно индикатор в верхней его части (рис. 1). Подогреваемый катод *К* общий для обеих частей лампы.

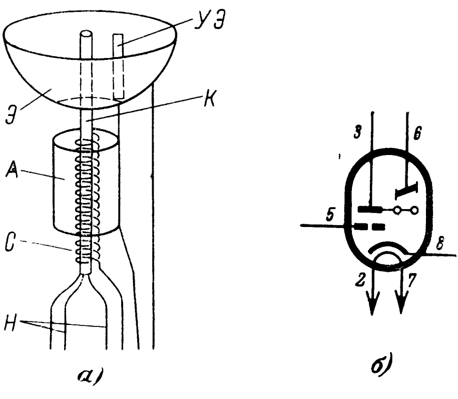


Рис. 1.

Триодная часть конструктивно не отличается от обычных триодов. В ней имеются выполненная в виде спирали сетка *С* и цилиндрический анод *А*.

Основной деталью индикатора является конусообразный экран *Э*, покрытый изнутри флуоресцирующим веществом. Если подвергнуть экран электронной бомбардировке, то те места, на которые попадут электроны, будут ярко светиться, подобно тому, как светятся бомбардируемые электронами участки экрана телевизора или осциллографа. Так как на экран относительно катода подают положительное напряжение, то в цепи экрана появляется ток, т. е. движение электронов от катода к экрану. Этот ток и вызывает ярко-зеленое свечение флуоресцирующего слоя.

Между катодом и экраном индикатора находится управляющий электрод *УЭ* в виде тонкой металлической полоски (рис. 1, *а*). Управляющий электрод внутри баллона лампы соединен с анодом триодной части и, таким образом, напряжение, которое подается на анод, фактически оказывается приложенным и к нему.

Электронно-оптический индикатор работает следующим образом. Положительное напряжение, поданное на экран, создает между ним и катодом электрическое поле. Естественно, что в различных участках этого поля электрический потенциал будет различен. Так, например, если потенциал экрана равен +250 *в* (относительно катода), то на расстоянии 1 *мм* от экрана потенциал электрического поля будет уже на несколько вольт меньше. По мере приближения к катоду потенциал электрического поля резко убывает. При этом потенциал во всех точках, удаленных от катода на одинаковое расстояние, также будет одинаков (рис. 2).

Рис. 2.

Поверхность, соединяющая точки электрического поля, имеющие одинаковый потенциал, называется эквипотенциальной поверхностью. Если катод и экран имеют общую ось симметрии, то в сечении, перпендикулярном ей, эквипотенциальные поверхности, так же как и экран, будут иметь форму цилиндра. Вид сверху на катод, экран и эквипотенциальную поверхность показан на рис. 3.

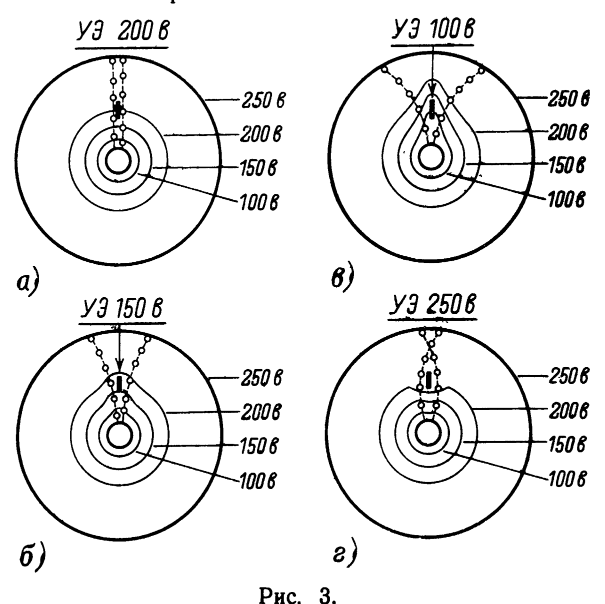


Рис. 3.

Если потенциал *УЭ* будет таким же, как и у эквипотенциальной поверхности, на которой этот электрод находится (рис. 3, *а*), то электрическое поле в лампе не изменится. Если же потенциал *УЭ*

будет отличаться от потенциала эквипотенциальной поверхности, то характер электрического поля изменится.

Электроны движутся в электрическом поле в направлении, перпендикулярном эквипотенциальной поверхности. Поэтому электрическое поле, изображенное на рис. 3 (*б — г*), будет искривлять траекторию электронов. В случае если потенциал *УЭ* будет меньше 200 *в* (рис. 3, *б*), то электронный поток обходит полоску *УЭ* и образует на экране теневой сектор. Чем меньше потенциал *УЭ* (рис. 3, *в*), тем сильнее искривляются траектории электронов, тем шире теневой сектор. Если же потенциал *УЭ* окажется выше +200 *в* (рис. 3, *г*), то электрическое поле будет концентрировать

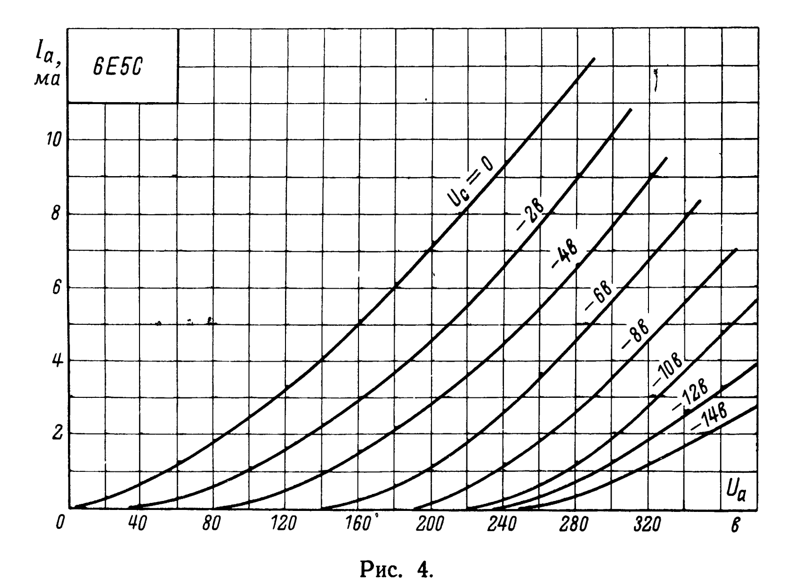


Рис. 4.

поток электронов и на экране в том месте, где раньше был теневой сектор, появится очень яркая полоска. Так как потенциал анода триода, а вместе с тем и потенциал управляющего электрода изменяются при изменении напряжения на сетке триода, то в соответствии с этим будет изменяться и ширина теневого сектора.

Изменение анодного тока триода индикатора от напряжения на аноде, а также от напряжения на сетке триода можно определить из характеристик зависимости тока анода от напряжения на аноде при напряжении на экране (кратере) +250 *в*. Эти характеристики приведены на рис. 4.

Цоколевка лампы 6Е5С приведена на рис. 1, *б*.

Электронно-оптический индикатор 6Е1П (рис. 5) состоит из собственно индикатора и управляющего им триода (рис. 6). Подогревный катод *К* имеет поперечное сечение сложной формы и напоминает треугольник. Выпуклая поверхность катода испускает электроны в направлении соединенной с ним индикаторной сетки *ИС*. Специальное профилирование катода и сетки позволяет скон-

центрировать электроны в узкий пучок, устремляющийся к положительно заряженному экрану *Э*. Внутренняя поверхность экрана (кратера) покрыта тонким слоем кремнекислого цинка (виллемита), светящегося под действием электронной бомбардировки. Ширина электронного пучка и, следовательно, ширина светящегося участка экрана зависит от напряжения на управляющем электроде *УЭ*. Если оно близко к напряжению экрана, то пучок электронов расширяется. Если же напряжение на *УЭ* снижается, то пучок электронов сжимается и светится лишь узкая полоска в средней части экрана.

Для измерения напряжения на *УЭ* служит триодная часть лампы, образованная плоской поверхностью катода *К*, рамочной управляющей сеткой *УС* и плоским анодом *А*, соединенным с управляющим электродом.

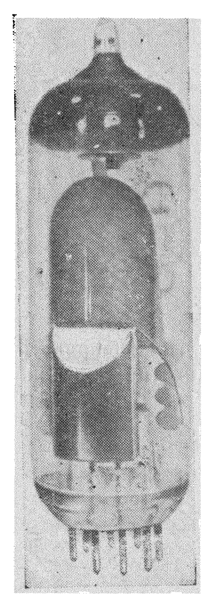


Рис. 5.

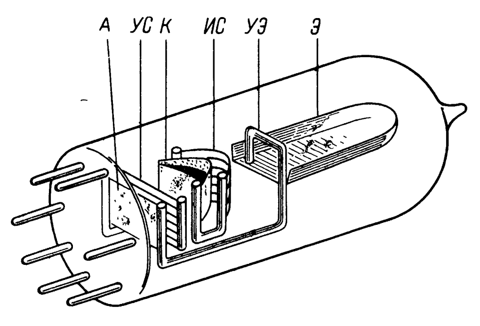


Рис. 6.

Триодная часть индикатора работает как и обычный триод, у которого усредненные характеристики зависимости тока анода от напряжения на аноде при напряжении на кратере +250 *в* приведены на рис. 7.

Подача на управляющую сетку *УС* постоянного или переменного напряжения ведет к изменению анодного тока триода, а вместе с тем к изменению напряжения на управляющем электроде. Последнее вызывает расширение или сжатие электронного пучка. Таким образом, электронный пучок индикатора изменяет свою форму под действием как постоянного, так и переменного электрического поля, создаваемого источником тока между управляющей сеткой и катодом лампы. Цоколевка этой лампы приведена на рис. 8.

Электронный пучок индикатора взаимодействует также и с магнитным полем постоянного магнита или электромагнита. Под действием постоянного магнитного поля электронный пучок искривляется, в переменном же магнитном поле электронный пучок колеблется.

Электронно-оптический индикатор 6Е2П, внешний вид которого показан на рис. 9, применяется в современных радиоэлектронных устройствах, например, в приемниках ЧМ сигналов. В этих

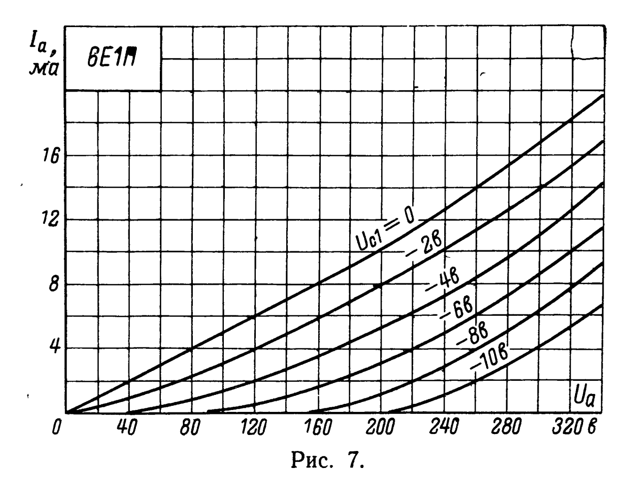


Рис. 7.

приемниках необходим прибор, позволяющий визуально сравнивать два напряжения. Таким прибором и является индикатор настройки — лампа 6Е2П. Цоколевка и поперечное сечение системы электродов индикатора приведены на рис. 10.

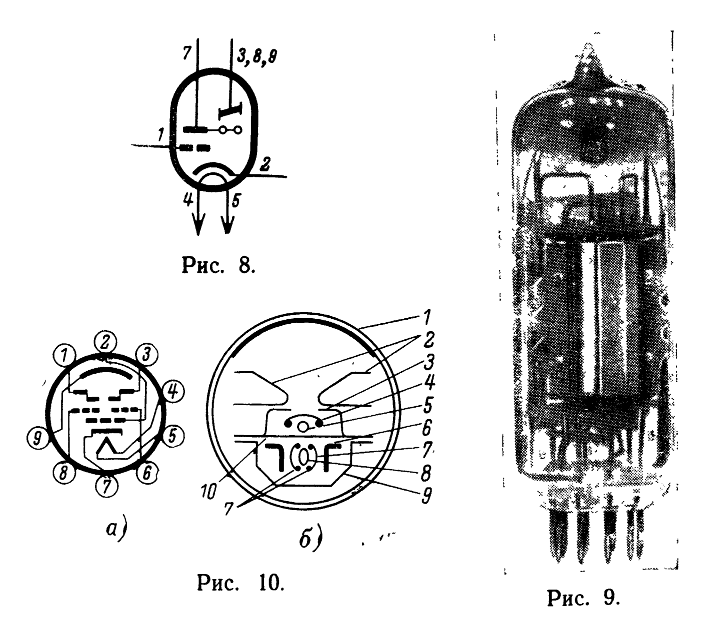


Рис. 8.

Рис. 10.

Рис. 9.

Лампа (рис. 10, *а*) состоит из двух одинаковых триодов и индикаторной части. Триоды имеют общий катод (*7*) и раздельные сетки (*6,8*) и аноды (*3,1*). Коэффициент усиления обоих триодов

около 30, область управления по сеточному напряжению от 0 до —9 *в*. При анодном напряжении 150 *в* и напряжении на сетке —4 *в* анодный ток и крутизна характеристики каждого триода равны соответственно 1,5 и 1,4 *ма/в*. Наибольшая мощность, рассеиваемая анодом, равна 0,4 *вт*. Анодные характеристики триодов представлены на рис. 11.

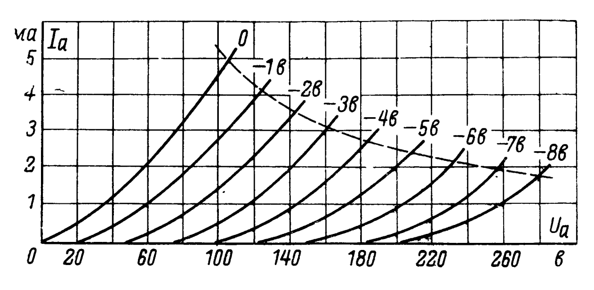


Рис. 11.

Индикаторная часть лампы (рис. 10, *б*) состоит из цилиндрического катода (*5*), соединенного внутри лампы с катодом триодов (*8*), сетки (*4*), ограничивающей электронный поток экрана, отклоняющих электродов (*2*) и светового экрана (*1*), нанесенного на внутреннюю цилиндрическую поверхность стеклянного баллона поверх прозрачного проводящего слоя. Отклоняющие электроды индикаторной части электрически связаны с соответствующими анодами (*6*) триодов. В качестве люминофора используется окись цинка, активированная цинком. Хотя окись цинка имеет значительно меньшую светоотдачу, чем применяемый обычно виллемит, ее электрическая проводимость гораздо больше. Для нормальной работы люминофора на стекле при потенциале экрана около 150 *в* это имеет решающее значение, так как участки с отрицательным потенциалом, образующиеся на поверхности люминофора за счет вторичной эмиссии, приводят к появлению так называемой «сыпи» и могут полностью исказить картину светового пятна. Для хорошего контакта с экраном на проводящий слой баллона нанесены серебряные контактные полосы. Наибольшая мощность, рассеиваемая на световом экране, равна 0,7 *вт*.

Световое пятно индикатора имеет форму прямоугольника высотой около 18 *мм*. При изменении напряжения на отклоняющих электродах оно может изменяться по ширине и смещаться по поверхности светового экрана в сторону от его оси, которая находится в плоскости, проходящей через *2* и *7* штырьки лампы.

Принципиальная схема каскада с лампой 6Е2П представлена на рис. 12. При равных напряжениях на сетках триодов их анодные токи и потенциалы отклоняющих электродов будут также равны между собой. В этом случае светящееся пятно находится в середине светового экрана.

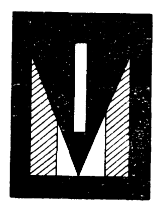
Ширина светящегося пятна зависит от величины напряжения на сетках триодов. Если напряжения на сетках не равны между собой, то потенциалы отклоняющих электродов тоже неодинаковы, и пятно смещается в сторону. Поэтому индикаторная часть лампы

характеризуется следующими параметрами: чувствительностью по ширине, равной отношению приращения ширины пятна к приращению напряжения на сетках триодов, когда они соединены между собой, и чувствительностью по отклонению, равной отношению отклонения оси светового пятна от оси светового экрана к разности напряжений на сетках триодов.

Рис. 12.

Чувствительность индикатора зависит от формы эквипотенциальных поверхностей и от скорости электронов в начале участка между отклоняющими электродами. Поэтому максимальные чувствительности получаются при малых отрицательных напряжениях на сетках триодов, так как в этом случае токи триодов имеют наибольшее значение, а потенциалы отклоняющих электродов и скорости электронов в пространстве между ними минимальны. Когда напряжения на сетках триодов приближаются к нулю (от —1,5 до 0 *в*) и сопротивления резисторов в цепях сеток достаточно велики, чувствительность по ширине и отклонению несколько понижается и ширина светового пятна увеличивается. Это объясняется тем, что при отсутствии сигнала действительное напряжение на сетке отрицательно ввиду наличия начального электронного сеточного тока. Однако это практически не имеет значения, так как для настройки приемника используется область отрицательных напряжений на сетках выше, чем — 1,5 *в*, где данный индикатор обеспечивает достаточно высокую чувствительность.

На лампу надевается маска, форма которой зависит от применения индикатора. На рис. 13 показана маска индикатора настройки радиоприемника. В этом случае при настройке АМ тракта



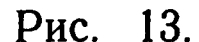


Рис. 13.

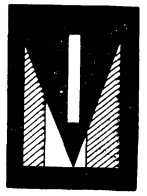


Рис. 14.

(сетки триодов соединены между собой) изображение получается в виде двух одинаковых треугольников, меняющихся по высоте. Настройка будет точной тогда, когда высота обоих треугольников максимальна. При точной же настройке ЧМ тракта на приходящий сигнал эти напряжения равны и светящееся пятно находится в центре экрана. Расстройка ЧМ тракта приводит к смещению пятна в сторону, и высота треугольников на маске становится различной (рис. 14).

Индикатор настройки 6Е2П является более универсальным прибором, чем лампы 6Е5С и 6Е1П, так как он может выполнять две функции: визуально сравнивать два напряжения по величине и показывать изменение напряжения, подаваемого на сетки триодов индикатора, соединенные между собой. Поэтому этот индикатор, помимо использования для настройки АМ и ЧМ каналов приемников, может найти применение в стереофонических установках, измерительных приборах и счетно-решающих устройствах.

Электронно-оптический индикатор 6Е3П, так же как и предыдущие, состоит из триода и индикаторной части. Цоколевка этой лампы показана на рис. 15.

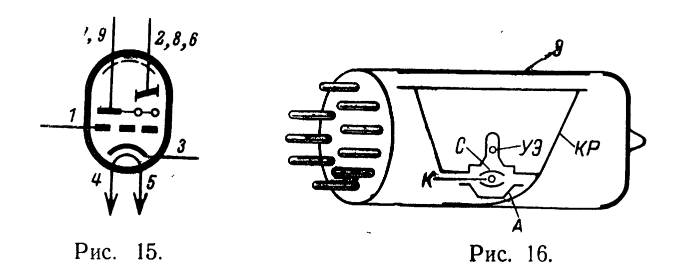


Рис. 15. Рис. 16.

Индикаторная часть лампы (рис. 16) состоит из соединенного с анодом триода управляющего электрода *УЭ*, имеющего вид спицы, которая пронизывает усеченный пирамидальный кратер *Кр*. В индикаторную часть входит и световой экран *Э*, который нанесен на внутреннюю цилиндрическую поверхность стеклянного баллона поверх проводящего прозрачного слоя. Экран имеет вид прямоугольника, размеры которого приблизительно 35×5 *мм.*

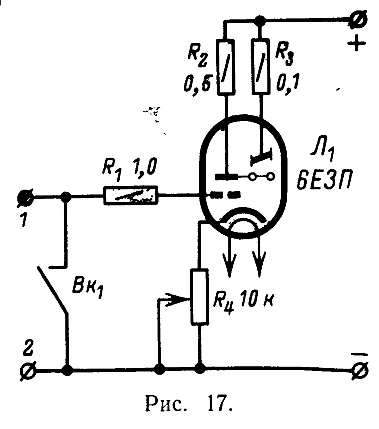


Рис. 17.

Так как управляющий электрод индикатора соединен с анодом *А* триода, то изменение напряжения на сетке *С* триода вызывает изменение анодного тока, а вместе с тем изменение потенциала на *УЭ*. Когда потенциал сетки триода равен нулю, то напряжение на аноде и *УЭ* за счет падения напряжения на анодной нагрузке (рис. 17) будет значительно ниже, чем на экране. Поэтому электронный пучок раздваивается и светящийся прямоугольник экрана разрывается. При нулевом напряжении на сетке длина между расходящимися створками достигает максимума.

При замкнутых накоротко зажимах *1,2* (рис. 17) и при плавном увеличении сопротивления катодного смещения потенциал сет-

ки становится все более отрицательным, а анодное напряжение приближается к напряжению на экране, и расстояние между светящимися створками уменьшается. При полностью введенном сопротивлении резистора R_4 и указанных параметрах других резисторов весь экран светится.

Выбор индикатора для измерительного прибора. Все электронно-оптические индикаторы реагируют на изменение электрического и магнитного полей. Особенно ярко эта реакция выражена в электронно-оптическом индикаторе 6Е1П благодаря его конструктивным особенностям. Поэтому в описываемых ниже приборах индикатором является лампа 6Е1П.

При проверке исправности радиотехнических деталей или электронной аппаратуры о величине тока или напряжения можно судить по углу расхождения или отклонения электронного пучка индикатора. Так как индикатор имеет большое внутреннее сопротивление, то при подключении его к схеме он не меняет режима ее работы.

Недостаток электронно-оптического индикатора заключается в том, что для его работы необходимо напряжение питания.

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ ИНДИКАТОРА

1. *Однополупериодный выпрямитель* (рис. 18) состоит из маломощного силового трансформатора Tp_1, диода Д226Б и электролитического конденсатора C_1. Так как полупроводниковый диод пропускает ток только в одну сторону, то после выпрямления ток будет постоянным по направлению, но пульсирующим по величине. Для сглаживания пульсации служит конденсатор C_1 со значительной емкостью.

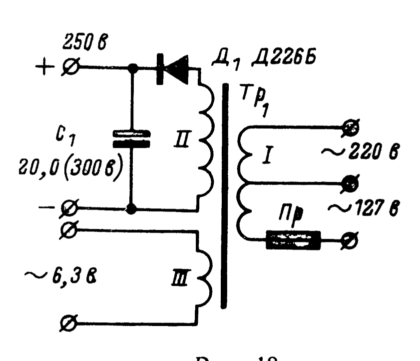


Рис. 18.

Если трансформатор монтируется вместе с индикатором на одном шасси, то его необходимо разместить так, чтобы по одну сторону восьмиштырьковой панельки была лампа, а по другую — силовой трансформатор. Такое «далекое» размещение трансформатора от лампы и экранирование трансформатора листовой жестью не позволяет воздействовать магнитному полю трансформатора Tp_1 на электронный пучок индикатора. Трансформатор имеет следующие данные: сердечник Ш 19 × 19, обмотка *I* содержит 1 540 витков провода ПЭЛ 0,1 с отводом от середины; обмотка *II* — 1 600 витков провода ПЭЛ 0,1; *III* — 52 витка провода ПЭЛ 0,51.

2. *Двухполупериодный выпрямитель* (рис. 19) состоит из трансформатора Tp_1, четырех диодов типа Д226Б, соединенных по мостовой схеме, фильтра — конденсатора C_1 и стабилитрона СГ1П. У двухполупериодного выпрямителя частота пульсации тока после выпрямления равна 100 *гц*, что создает лучшие условия для их фильтрации. Этот выпрямитель целесообразно сделать автономным

и соединять выводы его с электродами электронно-оптического индикатора с помощью кабеля из многожильных монтажных проводников.

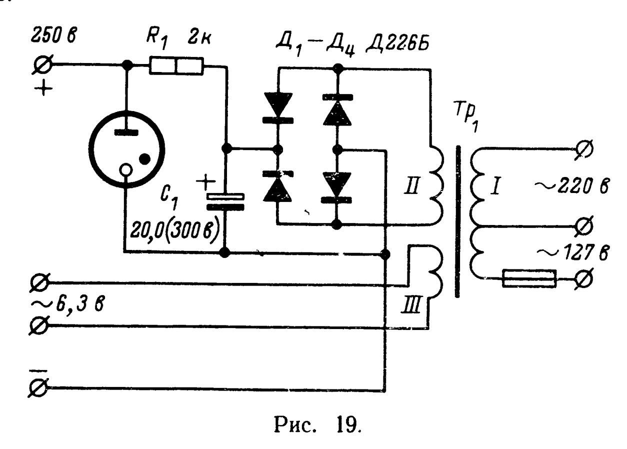


Рис. 19.

Если напряжение в сети не стабильно, то на выходе автономного выпрямителя необходимо поставить стабилитрон. Автономный выпрямитель удобен в том отношении, что его можно использовать для питания и других конструкций.

3. *Выпрямитель с преобразователем напряжения* (рис. 20) позволяет питать электронно-оптический индикатор от батарейки типа

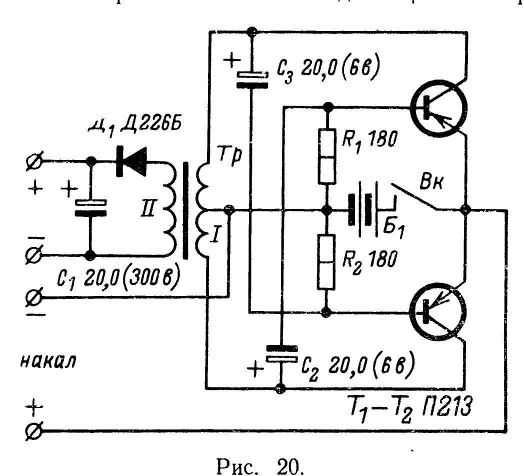


Рис. 20.

КБС-Л-0,5 (карманного фонарика). Напряжение накала подается на лампу прямо с батарейки, а анодное напряжение получается за счет преобразования постоянного напряжения батарейки в переменное и последующего выпрямления. Преобразователь собран по

схеме симметричного мультивибратора на транзисторах T_1 и T_2. В симметричном мультивибраторе транзисторы, сопротивления резисторов в цепях коллекторов и баз, а также емкости конденсаторов C_3 и C_2 одинаковы. Устойчивое состояние схемы, при котором оба транзистора отперты, невозможно. Всякое изменение одного из токов или напряжений ведет к лавинообразному процессу, в результате которого один из транзисторов запирается, а другой отпирается. Время пребывания схемы в этом состоянии определяется постоянной времени цепи разряда конденсатора C_2 или C_3. Когда напряжение на конденсаторе достигнет нулевого значения, один транзистор отпирается, а другой запирается. Процесс этот повторяется, при этом амплитуда импульсов на коллекторах транзисторов близка к напряжению источника питания. Пульсирующий ток трансформируется, причем напряжение его повышается и выпрямляется однополупериодным выпрямителем на диоде $Д_1$, а пульсации сглаживаются конденсатором C_1.

Трансформатор намотан на тороидальном сердечнике из пермаллоя 79НМ с наружным диаметром 40 *мм*, внутренним — 25 *мм* и высотой 6 *мм*. Обмотка *I* имеет 20 × 20 витков провода ПЭЛ 0,51, обмотка *II*—1 800 витков провода ПЭЛ 0,1. Трансформатор может быть выполнен и на Ш-образном железе от маломощного выходного трансформатора.

ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ НА ЭОИ

Универсальный индикатор. Этот электронно-оптический индикатор, смонтированный по изображенной на рис. 21 схеме, применяется во многих измерительных приборах. Как видно из схемы, анод лампы 6Е1П соединен с экраном через резистор R_2. Если на сетку будет подано переменное напряжение, то на аноде триода напряжение будет изменяться, в то время как напряжение на экране будет оставаться постоянным. Изменение напряжения на аноде, а вместе с тем на управляющем электроде вызывает колебания электронного луча. При подаче на входные зажимы *1, 2* индикатора высокого напряжения резистор R_1 предохраняет промежуток сетка — катод от пробоя. Фокусировку электронного пучка осуществляют переменным резистором R_3, изменяя напряжение катодного смещения.

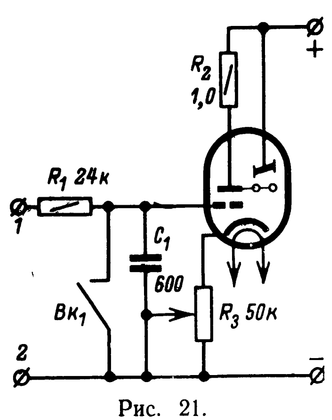


Рис. 21.

Тумблер $Вк_1$ является переключателем рода работы индикатора. При разомкнутом тумблере индикатор применяется в качестве вольтметра, при замкнутом — в качестве миллиамперметра.

Многопредельный вольтметр. Для измерения различных напряжений в большом диапазоне частот можно использовать вольтметр на электронно-оптическом индикаторе. Этот вольтметр состоит из универсального индикатора (рис. 21) и добавочного сопротивления

(рис. 22). Добавочное сопротивление ставят для измерения напряжений, превышающих напряжение полного отклонения электронного пучка. В качестве добавочного сопротивления вольтметра служат последовательно соединенные резисторы R_1 — R_3, которые в свою очередь присоединены к переключателю *П*. Переключатель имеет три положения, соответствующие трем пределам измерения напряжений. От переключателя идут проводники *1*, *2*, которые присоединены к соответствующим зажимам индикатора (рис. 21). К входным зажимам *1, 3* вольтметра подключают источники постоянного напряжения; к зажимам *2, 3* — источники переменного напряжения.

Данным вольтметром можно измерять напряжения постоянного и переменного токов в пределах: 0—5, 0—50, 0—300 *в*.

Шкалы для вольтметров постоянного и переменного токов различны.

Рис. 22.

Градуировку шкалы вольтметра осуществляют следующим образом. Переключатель *П* устанавливают в положение «*5 в*», на зажимы *1, 3* делителя подают напряжение с переменного резистора R_1 (рис. 23). Перед этим тумблер $Вк_1$ размыкают и с помощью переменного резистора R_3 фокусируют электронный пучок в узкую полоску. Затем устанавливают ползунок переменного резистора R_1 (рис. 23) в крайнее нижнее (по схеме) положение. При этом вольтметр *V* покажет нулевое напряжение и на шкале градуируемого вольтметра против электронного пучка ставят нулевую отметку (рис. 24). Затем с помощью переменного резистора R_1 устанавливают напряжение в 1 *в*, электронный пучок расширяется и на шкале градуируемого вольтметра прямой линией отмечают границу электронного пучка и делают надпись «*1 в*». Далее увеличивают напряжение на входе вольтметра и отмечают деления через каждый вольт и получают проградуированную шкалу вольтметра (рис. 24).

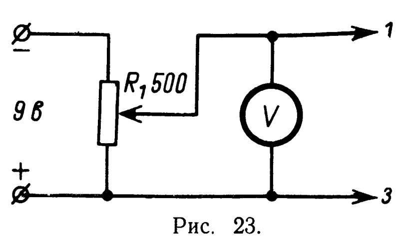
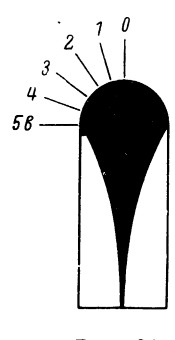


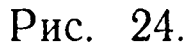
Рис. 23.

Градуировку вольтметра переменного тока осуществляют подобным же образом, только на потенциометр R_1 (рис. 23) подают напряжение переменного тока и проводники *1*, *3* соответственно присоединяют к зажимам *2,3* вольтметра. Если шкала вольтметра постоянного тока расположена с левой стороны от оси индикатора, то деления шкалы вольтметра переменного тока удобнее разместить с правой стороны.

Шкалу для индикатора изготовляют из двух полосок плотной бумаги, которые затем склеивают (рис. 25) и надевают на баллон лампы. Таких шкал может быть несколько.

Если переключатель *П* вольтметра установлен в положение «5 *в*», то каждое деление шкалы будет соответствовать 1 *в*. При установке переключателя *П* в положение «*50 в*», цена деления шкалы вольтметра изменится и станет равной 10 *в*. При переводе переключателя *П* в положение «300 *в*» цена деления шкалы вольтметра будет равна 60 *в*.




Рис. 24.

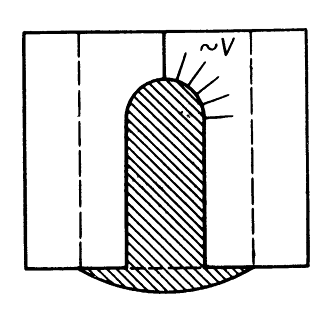


Рис. 25.

Когда напряжение источника тока не известно, то измерение необходимо начинать с предела «*300 в*», и если вольтметр не даст показаний, переключатель *П* нужно перевести в положение «*50 в*» или в положение «*5 в*» и только после этого произвести отсчет по шкале.

Нижний предел измерения напряжения как вольтметра постоянного, так и переменного тока составляет 0,3 *в*.

Вольтметр на электронно-оптическом индикаторе по сути дела является ламповым вольтметром, так как в нем совмещены усилитель на триоде и собственно индикатор. Достоинством ламповых вольтметров является очень большое и одинаковое на всех пределах измерения входное сопротивление, что позволяет производить измерение постоянных и переменных напряжений на любых участках схемы. Шунтирующее действие при подключении такого вольтметра практически отсутствует и измеряемое напряжение соответствует действительному напряжению на участке схемы.

В отличие от вольтметров со стрелочным индикатором вольтметром с электронно-оптическим индикатором можно измерять напряжения высокой частоты. В этом случае конденсатор C_1 (рис. 21) нужно отключить, так как его шунтирующее действие усиливается.

Омметр. Если ламповый вольтметр постоянного тока дополнить цепью, создающей на входе постоянное напряжение, зависящее от величины измеряемого сопротивления, то с его помощью можно измерять сопротивления. При измерении сопротивлений к зажимам *1, 2* универсального индикатора нужно присоединить резистор R_1. Тогда схема омметра примет вид, показанный на рис. 26. Из схемы видно, что входная цепь омметра состоит из резистора R_1, батареи для карманного фонаря $Б_1$ и гнезд *А*, *Б*. Измеряемое со-

противление R_x и постоянное сопротивление R_1 подключены к источнику постоянного тока, напряжение которого должно быть равно предельному напряжению U_0, измеряемому вольтметром ($U_0=5$ *в*).

При разомкнутом тумблере $Вк_1$ резистором R_4 фокусируют электронный пучок, как показано на рис. 27. После этого гнезда *А* и *Б* замыкают накоротко, электронный пучок расфокусируется и примет вид, показанный на рис. 28.

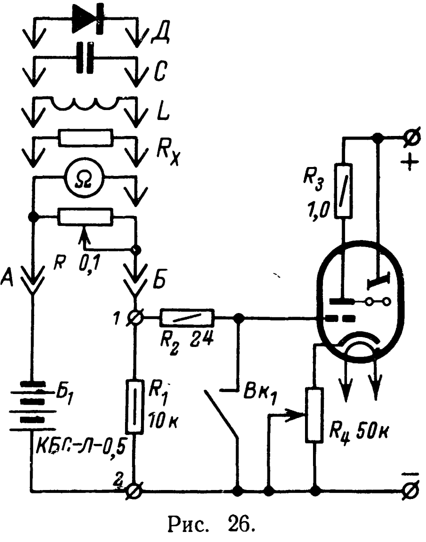


Рис. 26.

Если к гнездам *А*, *Б* присоединить переменный резистор *R* вместе с омметром промышленного изготовления (рис. 26), то в зависимости от положения ползунка потенциометра *R* расфокусировка электронного пучка будет изменяться. Она будет наибольшей, когда ползунок в крайнем левом положении, и наименьшей — в крайнем правом положении. Следовательно, если каждый раз изменять сопротивление резистора *R* и соответственно отмечать крайнее положение электронного пучка, то можно получить шкалу, проградуированную в килоомах (рис. 28).

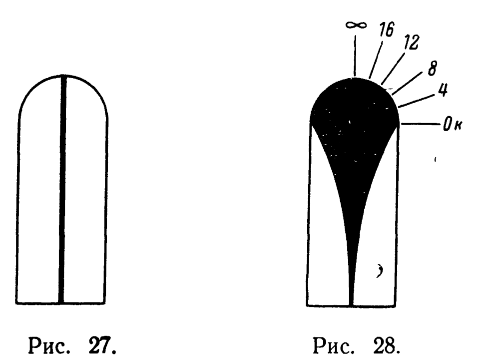


Рис. 27. Рис. 28.

Градуировку омметра производят следующим образом: ползунок потенциометра *R* смещают в крайнее левое положение (по схеме рис. 26), при этом на шкале отмечают прямой линией границу светящегося сектора. Затем штепсель резистора *R* вынимают из гнезда *Б* и прикасаются им к зажиму омметра, после чего перемещают ползунок потенциометра *R* до тех пор, пока омметр не покажет, например, 8 *ком*, после чего штепсель потенциометра *R* отсо-

единяют от омметра и снова присоединяют к гнезду *Б* — электронный пучок расширяется, на шкале отмечают границу сектора прямой линией и делают надпись «*8 ком*». Далее процесс повторяют с той лишь разницей, что устанавливают другое сопротивление резистора R и соответственно следующее деление шкалы градуируемого омметра.

После градуировки шкалы омметра им можно измерять сопротивление резисторов. Для этого к гнездам *А, Б* присоединяют резистор с неизвестным сопротивлением и наблюдают за крайним положением расширенного электронного пучка и по шкале оценивают сопротивление R_x.

Пределы измерения такого омметра зависят от сопротивления резистора R_1. При $R_1 = 10$ *ком* можно измерять сопротивления от 0 до 20 *ком*; с увеличением сопротивления R_1 верхний предел измерений омметра возрастает. Цена деления шкалы зависит от величины сопротивления R_1. Этой же величиной определяется и предел измерения лампового омметра.

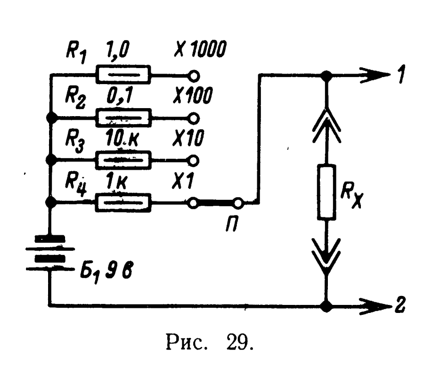


Рис. 29.

Можно расширить пределы измерений, если установить несколько добавочных сопротивлений различных номиналов. Для этого к зажимам *1, 2* индикатора (рис. 21) присоединяют проводники *1, 2,* идущие от электрической цепи, показанной на рис. 29. В этом случае получают многопредельный ламповый омметр, у которого в отличие от предыдущего омметра нуль будет находиться по центру шкалы. Градуировку этого омметра можно произвести таким же методом, что и предыдущего. В этом случае переменный резистор вместе с фабричным омметром нужно присоединять вместо резистора R_x. Градуировка может быть произведена на одном пределе измерения, так как добавочные сопротивления R_1 — R_4 кратны друг другу. Тогда против каждого положения переключателя *П* нужно поставить соответствующий множитель и при измерении сопротивлений учитывать этот множитель.

Точность показаний омметра, как и вольтметра, будет зависеть от стабильности напряжения питания анода лампы 6Е1П.

Перед установкой детали в собираемое устройство необходимо убедиться в ее исправности.

Так как все элементы радиотехнических цепей обладают определенными электрическими сопротивлениями, то измерением их можно установить исправность цепей и отдельных деталей.

Испытание резисторов ограничивается измерением их сопротивления постоянному току, для чего в большинстве случаев достаточно воспользоваться вышеописанными омметрами.

При необходимости измерить сопротивление установленного в схему резистора надо отпаять один из его концов и лишь после этого подключить к нему измерительный прибор. Измерение в этом случае должно производиться при выключенном питании проверяемого устройства.

Проверка катушек. Провода, обмотки трансформаторов, дросселей и катушек индуктивности обладают сопротивлением от долей ома до сотен ом. Для проверки исправности катушки ее выводы присоединяют к гнездам *А, Б* омметра (рис. 26). Если катушка исправна, то электронный пучок расширяется и омметр покажет некоторое сопротивление. Если же имеется обрыв, то электронный пучок не реагирует на присоединение катушки к гнездам *А, Б.*

Проверка конденсаторов. Конденсатор *С* (рис. 26) присоединяют к гнездам *А, Б.* Если он исправен, то в момент присоединения электронный пучок индикатора расширяется, а затем после зарядки конденсатора возвращается в исходное положение. Время расширения электронного пучка зависит от емкости конденсатора.

Если напряжение батареи $Б_1$ равно 3,7 *в,* то можно вести проверку конденсаторов на исправность, начиная с емкости 0,01 *мкф.* Если же батареей $Б_1$ будет батарея типа «Крона», то пробник позволяет проверять конденсаторы емкостью от 3 900 *пф* и более. С увеличением напряжения батареи $Б_1$ увеличивается и расширение электронного пучка.

Если конденсатор пробит, то электронный пучок будет расширен все время, пока конденсатор присоединен к гнездам *А, Б.* В случае обрыва провода внутри конденсатора индикатор не реагирует на присоединение конденсатора.

При испытании конденсаторов переменной емкости с воздушным диэлектриком медленно вращают ротор и внимательно следят за показаниями прибора. Обнаружив положение ротора, при котором происходит расширение электронного пучка, прекращают дальнейшее вращение его и, легко постукивая стерженьком из изоляционного материала по каждой пластине ротора, выявляют перекошенную пластину.

Проверка полупроводниковых диодов и транзисторов. К гнездам *А, Б* (рис. 26) присоединяют полупроводниксвый диод. Если он включен в прямом направлении, то индикатор реагирует на присоединение диода расширением электронного пучка, если в обратном — индикатор не реагирует. Если диод пробит, то при включении его в прямом и обратном направлении электронный пучок расширяется. Если имеется обрыв, то ни при одном из способов включения диода электронный пучок не реагирует.

Для транзисторов прежде всего проверяется целостность запорных слоев. К гнезду *А* присоединяют вывод базы транзистора *р-п-р* типа, к гнезду *Б* — вывод коллектора, а затем эмиттера. В первом случае индикатор не дает показаний, во втором показывает наличие тока в цепи. Затем базу транзистора присоединяют к гнезду *Б,* а коллектор и затем эмиттер присоединяют поочередно к гнезду *А* и получают противоположные показания.

Если, например, при испытании участка база — эмиттер индикатор в обоих случаях показывает малое сопротивление, то, значит, запорный слой база — эмиттер пробит. Если омметр в том и другом случае показывает высокое сопротивление участка база — коллектор (электронный пучок не расширяется), то внутри транзистора имеется обрыв.

Проверка радиоламп. С помощью пробника можно установить следующие неисправности: обрыв нити накала, короткое замыкание между электродами, обрывы выводов электродов, потеря катодом эмиссии.

Для проверки исправности нити накала лампы к гнездам *А, Б* омметра (рис. 26) присоединяют выводы нити. Если нить цела, то индикатор дает показания, при обрыве нити показания отсутствуют.

При испытании на короткое замыкание между электродами последовательно проверяют сопротивление между выводами лампы. Показания индикатора должны быть только при измерении сопротивления между выводами тех электродов, которые по схеме соединены между собой. Так, например, антидинатронная сетка пентода может быть соединена с катодом. Во всех остальных случаях омметр не должен давать показаний.

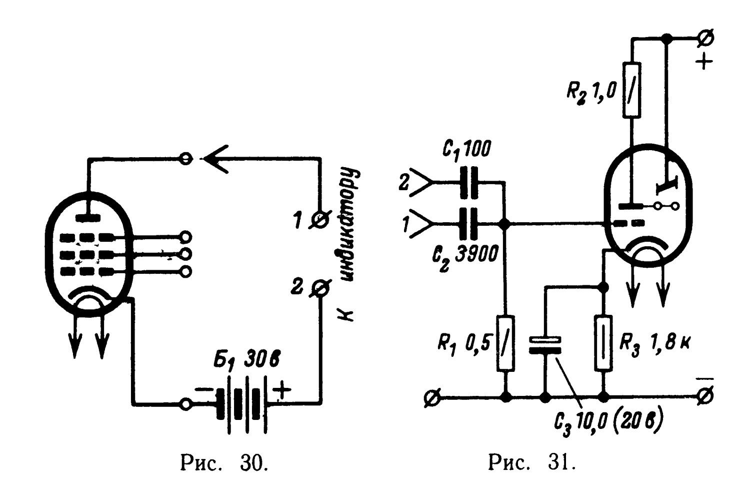


Рис. 30. Рис. 31.

Для проверки эмиссионной способности катода проверяемой лампы подают на ее нить накала напряжение питания и все сетки лампы соединяют с анодом и подключают к зажиму *1* индикатора (рис. 26), а катод через источник напряжения не ниже 30 *в* — к зажиму *2*. При этом по цепи идет ток и падение напряжения на резисторе R_1 вызывает расширение электронного пучка. При потере катодом эмиссии индикатор не дает показаний.

При испытании на обрыв катод лампы присоединяют через источник тока (рис. 30) к зажиму *2*, а к зажиму *1* — последовательно выводы сеток и анода. При этом на все электроды подается положительное по отношению к катоду напряжение. Если у какого-либо электрода имеется обрыв, то показания индикатора отсутствуют. В случае отсутствия такового индикатор дает показания.

Пробник для настройки лампового приемника и УНЧ. Пробник, схема которого приведена на рис. 31, представляет собой усилитель низкой частоты с индикатором и предназначен для покаскадной проверки работы ламповых приемников и усилителей низкой частоты. Напряжение питания на пробник можно подавать от выпрямителя проверяемого устройства.

Выводы *1, 2* оканчиваются гнездами, в которые поочередно вставляют щуп. Щуп представляет собой кусок медной проволоки

в хлорвиниловой изоляции. Длина щупа составляет 15—20 *см*, диаметр проволоки 3—4 *мм*.

При проверке высокочастотных каскадов приемника общий провод с помощью зажима присоединяют к шасси, щуп вставляют в гнездо *2* и прикасаются им к выходу высокочастотного каскада. Если приемник настроен на какую-либо радиостанцию, то электронный пучок расширяется, так как в этом случае индикатор работает в качестве сеточного детектора. По мере переключения пробника, начиная с анода первого каскада приемника и заканчивая выходным каскадом, угол расширения электронного пучка увеличивается. В случае неисправности какого-либо каскада этот угол остается неизменным.

При испытании усилителей низкой частоты щуп нужно вставить в гнездо *1*; методика пользования пробником остается прежней.

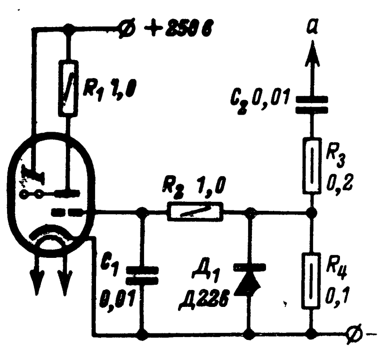


Рис. 32.

Индикатор уровня сигнала в усилителе. При настройке и ремонте УНЧ оптический индикатор также может принести известную пользу; показывая допустимый уровень сигнала в каком-либо (обычно в предоконечном или оконечном) каскаде усилителя, он будет предупреждать о необходимости уменьшить напряжение сигнала, подводимое к входу усилителя во избежание перегрузки и появления искажений.

Схема индикатора уровня для УНЧ приведена на рис. 32. Точка *а* подключается либо к аноду лампы предоконечного усилительного каскада, либо к дополнительной обмотке (300—500 витков провода ПЭЛ 0,1) на выходном трансформаторе. В последнем случае конденсатор C_2 можно исключить из схемы.

Напряжение на сетку электронно-оптического индикатора снимается с делителя, состоящего из резисторов R_3, R_4. Точные их значения зависят от индивидуальных свойств усилителя и легко подбираются опытным путем таким образом, чтобы при максимально допустимом сигнале электронный пучок был расфокусирован на всю ширину экрана индикатора.

Индикатор стереобаланса. Индикатор, схема которого приведена на рис. 33, можно использовать для оптимальной настройки стереоканалов. В стереофонических установках в большинстве случаев используют идентичные акустические системы, поэтому к звуковым катушкам громкоговорителей обеих систем необходимо подводить равные напряжения и, значит, оба канала усиления должны иметь одинаковые коэффициенты усиления. Отрегулировать усиление на слух затруднительно, и сделать это с помощью индикатора стереобаланса гораздо легче.

Для изготовления такого прибора необходимы два одинаковых трансформатора. Выводы низкоомных обмоток трансформаторов присоединяют к входным гнездам $Гн_1$, $Гн_2$. Высокоомные же обмотки трансформаторов $Тр_1$ и $Тр_2$ соединяют таким образом, чтобы

суммарное напряжение на них было равно нулю. Это произойдет только тогда, когда напряжения на обеих обмотках будут одинаковы. В ином случае на регуляторе R_1 появится разностное напряжение, которое после выпрямления подается на вход индикатора.

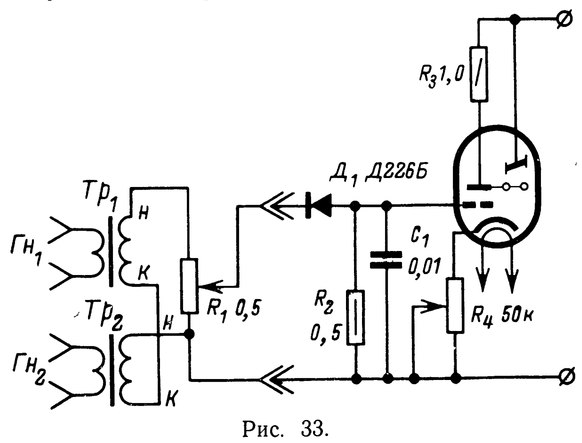


Рис. 33.

При включении индикатора сопротивление регулятора R_1 должно быть наименьшим, чтобы исключить возможность пробоя диода при пиках напряжения.

Индикатор нулевых биений. В радиолюбительской практике наиболее доступным методом измерения частоты является метод нулевых биений. Схема индикатора нулевых биений, работающего в диапазоне частот от десятков килогерц до сотен мегагерц при амплитуде входного напряжения выше 10 *мв*, приведена на рис. 34.

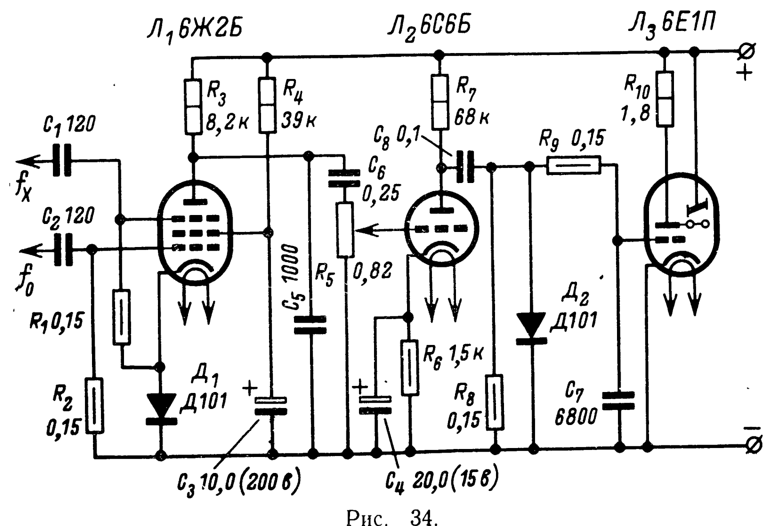


Рис. 34.

Точность измерения определяется только точностью градуировки эталонного генератора.

Эталонная f_0 и измеряемая f_x частоты подаются на управляющую и защитную сетки смесительного каскада. На анодной нагрузке лампы $Л_1$ (резистор R_3) выделяется напряжение разностной частоты $f_x - f_0$, которое через разделительную цепь C_6 R_5 подается на сетку усилителя биений (лампа $Л_2$). С помощью потенциометра R_5 устанавливают необходимый уровень напряжения биений. После усиления биения поступают на детектор $Д_2$. Постоянная времени детектирования $\tau = R_9C_7$ выбрана малой по сравнению с минимальным периодом биений. В результате этого на вход индикатора биений (лампа $Л_3$ типа 6Е1П) подается отрицательная полуволна напряжения биений.

Если частоты f_x и f_0 отличаются значительно

$$f_x - f_0 > 20\ кгц,$$

на экране индикатора наблюдается узкий светлый сектор.

По мере приближения частоты f_x к f_0 ($25\ гц < f_x - f_0 < 20\ кгц$) светлый сектор принимает наибольшие размеры (экран засвечен полностью). При $f_x - f_0 < 25\ гц$ светлый сектор индикатора начинает пульсировать с частотой биений. При $f_x = f_0$ светлый сектор превращается в узкую светлую линию. В этот момент отсчитывают значение измеряемой частоты по шкале эталонного генератора.

Дальнейшее изменение частоты приводит к тому, что картина повторяется в обратной последовательности (пульсация, максимальная засветка, минимальный сектор).

Прибор может быть выполнен в виде приставки, которая питается от настраиваемой аппаратуры, либо в виде отдельной конструкции. В последнем случае для питания используются выпрямитель с выпрямленным напряжением 250 *в*.

Многопредельный миллиамперметр. Электронно-оптический индикатор (рис. 21, $Вк_1$ замкнут) вместе с катушкой электромагнита образует миллиамперметр. Катушка электромагнита одним из полюсов прикреплена вплотную к баллону лампы с тыльной стороны экрана. Если по катушке пропускать постоянный ток, то вокруг нее возникает магнитное поле, которое взаимодействует с электронным пучком и отклоняет его от прямолинейности распространения. По углу же отклонения электронного пучка можно судить о величине тока в цепи потребителя, последовательно с которым включена катушка электромагнита. Если эта цепь будет питаться переменным током, то электронный пучок расфокусируется, так как полюсы электромагнита меняются с частотой тока.

Для изготовления миллиамперметра с пределами измерения от 0,5 до 50 *ма* надо на оклеенный калькой каркас из мягкого железа (рис. 35) намотать 3 300 витков провода ПЭЛ 0,4. Если сделать у катушки отводы от 1 650, 825, 412 витка и включать эти секции катушки электромагнита последовательно с потребителем, то верхний предел измерения миллиамперметра соответственно расширится до 100, 200, 400 *ма*.

Этим же миллиамперметром можно измерять и переменный ток в тех же пределах, однако для этого надо изготовить специальную шкалу.

Для градуировки миллиамперметра постоянного и переменного токов следует собрать электрическую цепь по схеме рис. 36. К крайним зажимам переменного резистора R прикладывают напряжение

двух последовательно соединенных батарей для карманного фонаря. Затем устанавливают по эталонному миллиамперметру ток в 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 30, 50 *ма* и отмечают каждый раз положение пучка на шкале делениями с соответствующими цифровыми обозначениями. Получают шкалу миллиамперметра с пределом из-

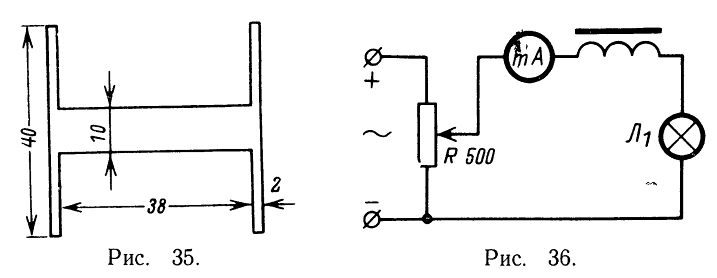


Рис. 35. Рис. 36.

мерения в 50 *ма* (рис. 37). Для других пределов измерения градуировку можно не производить, так как показания индикатора будут умножаться на соответствующий множитель.

При градуировке миллиамперметра переменного тока переменный резистор подключают к источнику переменного тока, причем эталонный миллиамперметр должен быть переменного тока. После этого выполняют градуировку миллиамперметра переменного тока точно так же, как и постоянного. Если шкала миллиамперметра постоянного тока будет расположена справа (рис. 37), то шкалу миллиамперметра переменного тока удобно разместить слева от оси индикатора.

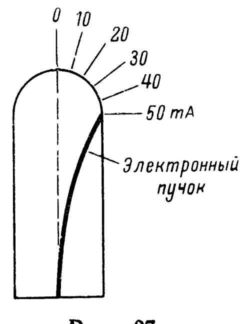


Рис. 37.

В отличие от стрелочного миллиамперметра этот прибор не боится перегрузок. Правда, при замыкании цепи с большим током (1 *а* и более) электронный пучок деформируется вследствие намагничивания электродов лампы, которое легко устранить, приблизив к лампе постоянный магнит.

Авометр. Авометр — комбинированный прибор, предназначенный для измерения токов, напряжений и сопротивлений. Отсчет всех измеряемых величин производится непосредственно по шкалам, размещенным вокруг электронно-оптического индикатора.

Предлагаемый авометр (рис. 38) отличается от выше описанного вольтметра (рис. 22, 21), наличием катушки электромагнита, зажимами для миллиамперметра и постоянным источником тока с резисторами — для омметра.

Наличие нескольких пределов при каждом виде работы позволяет измерять как малые, так и большие электрические величины. Например, при работе с приемной и усилительной аппаратурой, питаемой от сети переменного тока, пределы измерения постоянных и переменных напряжений обычно составляют 1—500 *в*, а токов 0,1—100 *ма*. При работе с аналогичной аппаратурой питаемой от источников постоянного тока, верхняя граница требуемого предела

измерения снижается до 300 *в* по напряжению и возрастает до 0,5 *а* по току. Желаемый диапазон измеряемых сопротивлений резисторов обычно лежит в пределах 1 *ом* — 10 *Мом*.

Органы управления авометром необходимо разместить равномерно по площади лицевой панели прибора и по возможности симметрично относительно вертикальной оси индикатора. Для упроще-

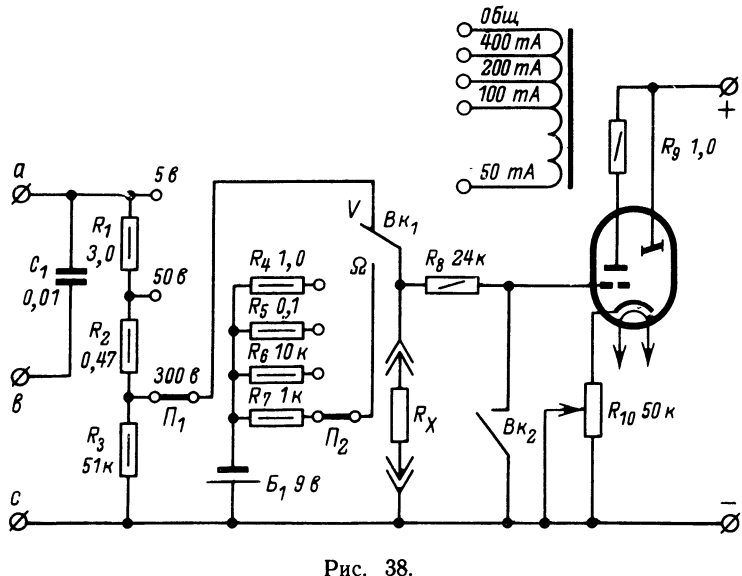


Рис. 38.

ния пользования прибором органы управления размещают группами в соответствии с их назначением.

Для соединения авометра с исследуемой цепью или деталью изготовляют два изолированных проводника длиной около 1 *м* из гибкого многожильного провода в хлорвиниловой изоляции. Желательно, чтобы изоляция проводников была различного цвета. На одном конце соединительных проводников надо сделать наконечники в виде лапок, другие их концы — припаять к щупам с эбонитовыми или пластмассовыми втулками. В ряде случаев удобно пользоваться съемными зажимами, которые надеваются непосредственно на выступающие концы стержней щупов.

При измерении напряжений и токов первоначально устанавливают наибольший предел измерения, а затем постепенно переходят к нужному пределу. При измерении напряжения постоянного тока авометром необходимо предварительно тумблер $Вк_1$ перевести в положение «*V*», тумблер $Вк_2$ разомкнуть, переключатель $П_1$ перевести в положение «300 *в*», переменным резистором R_{10} сфокусировать электронный пучок, к зажимам *а*, *с* присоединить проводники со щупами и произвести измерения. Если индикатор не дает показаний, то переключатель $П_1$ нужно перевести в положение «*50 в*» или «*5 в*».

Напряжение переменного тока измеряется при тех же положениях названных переключателей, только проводники со щупами присоединяют к зажимам *в, с* и отсчет производят по шкале «$\sim V$».

При измерении сопротивлений тумблер $Вк_1$ переводят в положение Ω ($Вк_2$ разомкнут), к гнездам присоединяют резистор R_x и по отклонению электронного пучка производят отсчет. При определении величины сопротивления необходимо учесть множители, которые обычно проставляются около переключателя $П_2$.

При измерении тока (тумблер $Вк_2$ замкнут) необходимо резистором R_{10} сфокусировать электронный пучок, присоединить к зажимам миллиамперметра с выбранным пределом измерения проводники со щупами, включить их в разрыв цепи и по отклонению электронного пучка произвести отсчет.

Измеритель емкости. Измеритель емкости, схема которого приведена на рис. 39, представляет соединение моста с электронно-

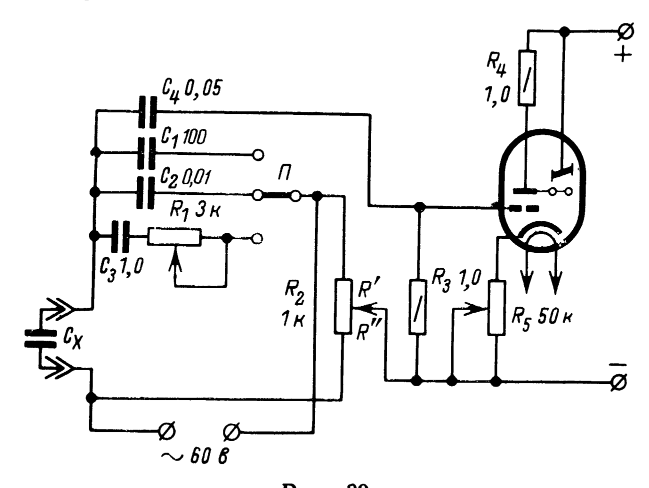


Рис. 39.

оптическим индикатором. Питание моста осуществляется от источника переменного тока, напряжение которого через трансформатор подводится к одной диагонали моста. К другой диагонали подключен электронно-оптический индикатор как индикатор нуля, и процесс измерения сводится к уравновешиванию моста.

Два плеча мостовой схемы (рис. 39) составляют резисторы R' и R'', другие два плеча составляют образцовая и измеряемая емкости. В одной ветви образцовой емкости включено активное переменное сопротивление R_1.

Если мост рассчитан на измерение сравнительно небольших емкостей (до 0,01 *мкф*), для которых потери на низких частотах очень малы, то резистор R_1 может отсутствовать (как это сделано в двух других ветвях).

Равновесие моста, сопротивление плеч которого носит комплексный характер, наступает тогда, когда произведения сопротивлений противоположных плеч равны. Кроме того, если два плеча

моста содержат чисто активные или чисто реактивные сопротивления, то равенство фаз будет иметь место при одинаковой добротности двух других плеч, т. е.

$$R' \sqrt{R_x^2 + \frac{1}{(2\pi f C_x)^2}} = R'' \sqrt{R_1^2 + \frac{1}{(2\pi f C_3)^2}};$$

$$\frac{1}{2\pi f C_x R_x} = \frac{1}{2\pi f C_3 R_1}.$$

Решая совместно эти уравнения, находим:

$$C_x = C_3 \frac{R'}{R''}; \quad (1)$$

$$R_x = R_1 \frac{R''}{R'}. \quad (2)$$

Таким образом, при уравновешенном мосте по данным его элементов можно определить как измеряемую емкость C_x, так и потери в ней R_x.

Для нахождения сопротивления потерь удобнее пользоваться формулой

$$R_x = R_1 \frac{C_3}{C_x},$$

которую легко получить, если перемножить соответственно левые и правые части равенств (1), (2). Так как C_3 — постоянная емкость, то резистор R_1 нужно снабдить шкалой. Необходимо снабдить шкалой и резистор R_2, для чего на ось резистора надевается картонный диск и ручка с указателем. При градуировке к крайнему и среднему выводам переменного резистора R_2 присоединяют омметр, вращают ручку резистора, по омметру определяют сопротивление, например 10 *ом,* и против указателя на шкале ставят это число, затем отмечают 20 *ом* и т. д. Таким образом, цена деления получившейся шкалы будет 10 *ом* на деление.

При балансировке моста напряжение с индикаторной части моста через емкость C_4 подается на управляющую сетку лампы и вызывает расширение электронного пучка. Когда мост сбалансирован, то электронный пучок будет в виде узкой полоски, так как в этом случае напряжение на сетке лампы будет близко к нулю. После балансировки моста определяют сопротивления R' и R''. Если R' будет равно числу против стрелки указателя, то R'' будет равно 1 000 *ом* минус R'. Чувствительность прибора можно регулировать резистором R_5.

Измеритель малых емкостей. Для измерения малых емкостей (единицы и десятки пикофарад) применяют метод замещения. Точность измерения емкости методом замещения можно значительно увеличить, если в качестве индикатора резонанса использовать узкополосный фильтр, например кварцевый резонатор.

Измеритель емкости (рис. 40) представляет собой генератор, выполненный по трехточечной схеме с индуктивной связью. Высокочастотное напряжение можно регулировать потенциометром R_2; конденсатор C_3 — эквивалентная емкость кварцевого резонатора, диод $Д_1$ — пиковый детектор. Коэффициент передачи его резко изменяется с изменением частоты и становится весьма малым, ко-

гда частота генератора отличается от резонансной частоты кварца. Емкостное сопротивление конденсатора C_3 на частотах полосы пропускания кварцевого фильтра должно быть таким, чтобы установка движка переменного резистора R_2 в среднее положение соответствовала расфокусированному электронному пучку на экране индикатора.

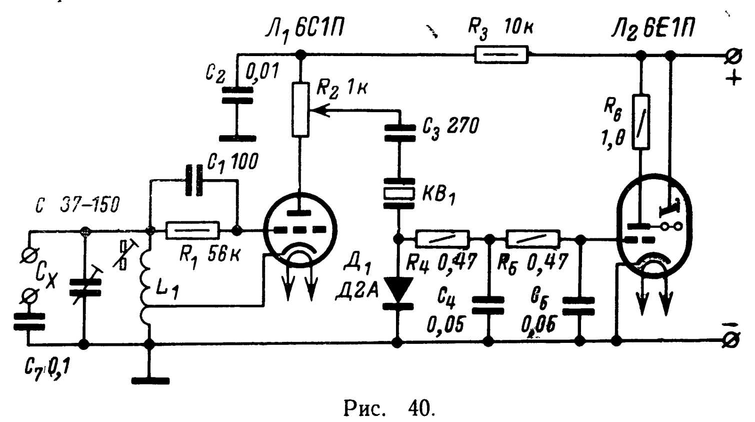


Рис. 40.

Перед началом измерения ротор конденсатора C колебательного контура генератора устанавливают в положение максимальной емкости, которое соответствует условному нулю на его шкале. Затем изменением индуктивности катушки L_1 (перемещением сердечника) контур генератора настраивают на резонансную частоту кварцевого фильтра до получения максимального расширения электронного пучка на экране индикатора.

Подключение к прибору испытуемого конденсатора C_x вызывает уменьшение частоты генератора. Так как кварцевый фильтр обладает узкой полосой пропускания, то даже небольшая расстройка генератора относительно резонансной частоты кварца вызывает резкое ослабление напряжения выходного сигнала. Чтобы восстановить показания индикатора, необходимо до тех пор уменьшать емкость конденсатора C, пока суммарная величина емкости C и C_x и частота генератора не станут прежними. Величину же измеряемой емкости отсчитывают непосредственно по шкале конденсатора C, проградуированного в пикофарадах. Верхний предел измерения зависит от разности емкости $C_{макс}$ и $C_{мин}$ этого конденсатора, а нижний — от изменения емкости конденсатора на 1° шкалы, качества конденсатора и полосы кварцевого фильтра.

При изготовлении прибора конденсатор C желательно взять с линейным изменением емкости, так как шкала при этом получается равномерной. Для плавной регулировки конденсатор нужно снабдить верньерным устройством с большим замедлением. В описываемом приборе применен кварцевый резонатор с резонансной частотой 10, 75 *Мгц* и контурная катушка со следующими данными: $L_1 = 1{,}5$ *мкгн*, $Q = 150$; каркас керамический ребристый диаметром 16 *мм*, 7 витков провода ПЭЛ 0,5; шаг намотки 2 *мм;* отвод в цепи катода от одного витка. Индуктивность контура можно

менять с помощью цилиндрического карбонильного сердечника диаметром 5,5 *мм*.

Элементы колебательного контура необходимо разместить на некотором отдалении от ламп и других нагревающихся деталей. При налаживании прибора вначале необходимо подобрать величину индуктивности катушки контура по максимальному показанию индикатора. Для этого изменяют число витков катушки (карбонильный сердечник должен находиться в среднем положении, а ротор конденсатора C — в положении максимальной емкости). Далее необходимо добиться устойчивой генерации во всем диапазоне изменения емкости конденсатора C. Это достигается подбором места отвода от катушки в катодной цепи лампы $Л_1$, а также изменением параметров цепи R_1C_1.

Последняя операция налаживания заключается в точной настройке генератора на частоту кварцевого фильтра при помощи карбонильного сердечника. Кроме того, движок потенциометра R_2 устанавливают в такое положение, при котором электронный пучок индикатора начинает расфокусироваться.

Так как в приборе применен прямоемкостный конденсатор, начальная и конечная емкости которого точно известны, то, разделив шкалу конденсатора на равные части, получают проградуированную шкалу. Можно проградуировать и с помощью эталонных конденсаторов, для чего эталонный конденсатор подключают к прибору, а конденсатор переменной емкости устанавливают в положение, соответствующее максимальному расхождению электронного пучка индикатора. Это положение визира шкалы конденсатора переменной емкости отмечают и на шкалу прибора наносят значение емкости эталонного конденсатора.

Измеритель индуктивности. Индуктивность является основным параметром, характеризующим контурные катушки, дроссели и трансформаторы. Требуемая точность измерения индуктивности катушек зависит от их назначения, например, точность в 1% необходима при определении индуктивности катушек, входящих в состав колебательных контуров.

Каждая катушка, помимо индуктивности L, обладает собственной емкостью C_L и активным сопротивлением R_L. Наличие емкости приводит к тому, что при измерении мы определяем не истинную индуктивность L, а ее так называемое действующее значение $L_д$, эквивалентное по своему сопротивлению общему сопротивлению индуктивности L и емкости C_L:

$$L_д = \frac{L}{1 - 4\pi^2 f^2 LC_L} = \frac{L}{1 - \frac{f^2}{f_L^2}},$$

где f — частота тока, протекающего по катушке, $f_L = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_L}}$ — собственная резонансная частота катушки.

При измерениях на низких частотах, когда $f \ll f_L$, действующая индуктивность близка к истинной. Сопротивление потерь катушки R_L, равное омическому сопротивлению ее обмотки, можно измерить с помощью омметра.

Основными методами измерения индуктивностей являются метод вольтметра — амперметра, мостовой метод и резонансный ме-

тод. Наиболее подходящим с использованием электронно-оптического индикатора является мостовой метод. Мост (рис. 41) содержит два плеча с активным сопротивлением и два с реактивным: индуктивность L_x и емкость C_1. Емкость C_1 зашунтирована резистором R_2, назначение которого — уравновесить сдвиг фаз, созда-

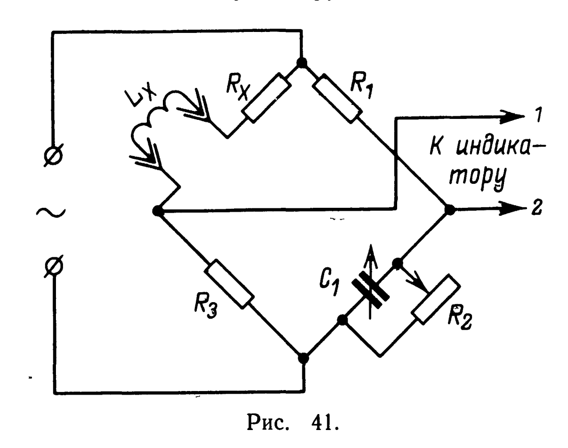


Рис. 41.

ваемый потерями в исследуемой индуктивности, включенной в противоположное плечо.

Условием равновесия этой схемы является равенство

$$\sqrt{R_x^2 + (2\pi f L_x)^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R_2^2} + (2\pi f C_1)^2}} = R_1 R_3;$$

$$\frac{2\pi f L_x}{R_x} = 2\pi f C_1 R_2.$$

При параллельном соединении емкости C или индуктивности L и активного сопротивления R добротность будет определяться отношением реактивной проводимости $2\pi fC$ или $1/2\pi fL$ к активной $1/R$. Следовательно,

$$L_x = C_1 R_1 R_3, \; R_x = \frac{R_1 R_3}{R_2}.$$

При использовании переменной емкости C_1 и переменного резистора R_2 регулировка амплитуды и регулировка фазы независимы друг от друга, поэтому конденсатор C_1 и резистор R_2 могут иметь шкалы для непосредственного отсчета измеряемых индуктивностей и потерь в них.

Конструкция моста упростится, если конденсатор C_1 взять постоянным, а резистор R_3 — переменным. Сопротивление R_1 состоит из пяти последовательно соединенных резисторов R'_1 — R'_5, от которых сделаны отводы к переключателю. Такая комбинация резисторов R'_1 — R'_5 расширяет предел измерения прибора. Схема моста, которая приведена на рис. 42, дает возможность измерять индуктивности от 100 *мкгн* до 10 *гн*.

Уравновешивание моста достигается подбором положения переключателя *П* и поочередным изменением сопротивлений резисторов R_3 и R_2, а фиксируется с помощью электронно-оптического индикатора. Для этого проводники *1*, *2*, идущие от моста, нужно присоединить к зажимам индикатора (рис. 21). Когда мост сбалансирован, то электронный пучок индикатора сфокусирован.

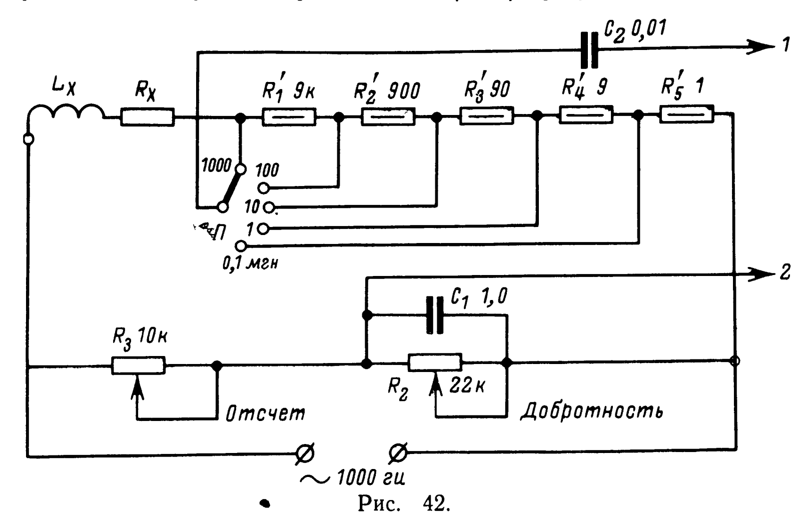


Рис. 42.

Величина индуктивности L_x в миллигенри будет равна произведению числа, отсчитанного по шкале резистора R_3, на коэффициент, соответствующий положению переключателя *П*.

Учитывая, что добротность катушки равна:

$$Q_x = \frac{2\pi f L_x}{R_x} = 2\pi f C_1 R_2,$$

то шкала резистора R_2 может быть проградуирована непосредственно в значениях этой добротности при выбранной частоте питания моста, например, 1 *кгц*.

ГЕНЕРАТОРЫ НА ЭОИ

В радиолюбительской практике применяют генераторы звуковой частоты, высокочастотные и импульсные.

Генераторы звуковой частоты служат для испытаний и налаживания низкочастотных узлов радиоаппаратуры и громкоговорителей, модуляции колебаний высокочастотных измерительных генераторов, градуировки частотометров, измерения частоты методом сравнения, питания измерительных схем, предназначенных для измерения индуктивностей, емкостей и других электрических величин.

Для питания различных измерительных схем, модуляции высокочастотных генераторов, проверки работоспособности усилителей

низкой частоты и громкоговорителей возможно применение генераторов, работающих на одной или нескольких фиксированных частотах в пределах 400—1 000 *гц*.

Высокочастотные измерительные генераторы применяют главным образом при испытании и налаживании радиоприемных устройств. Создаваемые ими колебания высокой частоты подаются на входы радиоприемников и заменяют для последних сигналы передатчиков, наводимые при действительном приеме в антеннах. В таких генераторах предусматривается возможность модуляции выходного напряжения колебаниями звуковой частоты. Высокочастотные генераторы используются также в качестве источников питания специальных измерительных схем, предназначенных для измерения на высоких частотах емкостей, индуктивностей, параметров колебательных контуров и антенн.

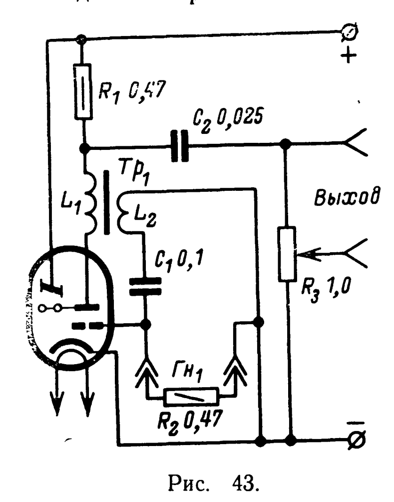


Рис. 43.

Импульсные измерительные генераторы создают переменные напряжения импульсной формы. Форма импульсов обычно прямоугольная, причем имеется возможность менять в определенных пределах длительность и частоту следования импульсов. Эти генераторы используют как источники импульсных напряжений при испытании и регулировке импульсной аппаратуры.

Звуковой генератор типа *LC*. Генераторы типа *LC* обычно конструируются как генераторы одной или нескольких фиксированных частот. Изменение частоты в них производится скачкообразно переключением конденсаторов постоянной емкости контура возбудителя.

В генераторе, схема которого приведена на рис. 43, частота генерируемых колебаний определяется по формуле

$$f\,(кгц) \approx \frac{0,16}{\sqrt{L_2\,(гн)\;C_1\,(мкф)}}.$$

Генератор состоит из колебательного контура L_2C_1, электронно-оптического индикатора, делителя напряжения на выходе и источника питания. Контур образован высоковольтной обмоткой маломощного модуляционного трансформатора, конденсатором C_1 и резистором R_2. От величины сопротивления резистора R_2 зависит частота генератора. Катушка L_1 является катушкой связи.

Для получения незатухающих колебаний нужно периодически возмещать потери энергии в контуре, приводящие к затуханию. Для этого колебательный контур L_2C_1 связан индуктивно с катушкой L_1, включенной в анодную цепь. Триод же индикатора является своеобразным регулятором пополнения энергии контура за счет энергии анодного источника питания.

В процессе колебаний, совершающихся в колебательном контуре, происходит периодическое повышение и понижение потенциала сетки относительно катода. При повышении потенциала сетки анодный ток увеличивается, а при понижении — убывает. При всяком изменении анодного тока в катушке связи изменяется магнитное поле. Изменяющееся поле возбуждает в катушке контура L_2 добавочную э.д.с., которая и восполняет потери энергии в контуре при положительной обратной связи. Эта связь обеспечивается определенным включением концов обмоток трансформатора $Тр_1$. Генерацию обнаруживают по расхождению электронного пучка индикатора.

Так как частота звуковых колебаний зависит от сопротивления резистора R_2, то при включении в гнезда $Гн_1$ термо- или фоторезистора частота генерации будет изменяться в зависимости от изменения температуры и освещенности. Выходное напряжение генератора можно регулировать резистором R_3.

Рис. 44.

Звуковой RC-генератор. Звуковой генератор, схема которого приведена на рис. 44, представляет собой однокаскадный усилитель на резисторах, дополненный реостатно-емкостной цепочкой обратной связи из трех звеньев. При этом частоту колебаний, вырабатываемых генератором, определяют по формуле

$$f = \frac{1}{2\sqrt{3}\pi RC}.$$

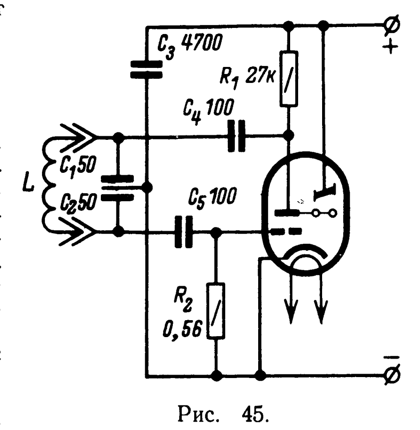


Рис. 45.

Генератор на определенную частоту настраивают изменением сопротивлений резисторов R_1 и R_2, причем расхождение электронного пучка указывает на появление генерации.

Высокочастотный генератор. Генератор, схема которого приведена на рис. 45, позволяет получать колебания с частотами до 100 *Мгц*. Он совмещает в себе функции автогенератора и индикатора одновременно. Для получения частот разных диапазонов используются сменные катушки, входящие в состав контура генератора. Генератор собран по схеме емкостной трехточки. Контур его, кроме катушки L, содержит сдвоенный блок

переменных конденсаторов. Секции этого конденсатора включены между анодом и сеткой лампы, а общая часть ротора соединена с корпусом для того, чтобы устранить влияние руки оператора при настройке.

Для измерения резонансной частоты неизвестного контура необходимо приблизить сменную катушку генератора к катушке неизвестного контура и, перестраивая частоту переменным конденсатором C_1, C_2, зафиксировать момент совпадения частоты генератора с резонансной частотой неизвестного контура. Это состояние характеризуется отсасыванием высокочастотной энергии из контура генератора, а поскольку этот контур находится в сеточной цепи индикатора — уменьшением ширины электронного пучка индикатора, после чего остается зафиксировать частоту по шкале конденсатора C_1, C_2, у которого угол поворота ротора прямо пропорционален изменению емкости. Калибровать собранный генератор необходимо при помощи волномера промышленного изготовления.

Сменные катушки генератора наматывают на каркасе диаметром 12 *мм* проводом ПЭЛ 0,4. Данные отдельных катушек приведены ниже.

Диапазон частот, *Мгц*	6—12	11,5—22	20—40	34—80
Число витков	54	39	15	10

С помощью этого генератора можно измерять малые емкости и индуктивности.

Для измерения емкости составляют контур из катушки индуктивности и конденсатора известной емкости $C_к$ и определяют резонансную частоту этого контура f_1. Затем параллельно контуру присоединяют конденсатор, емкость которого нужно измерить, и снова определяют резонансную частоту f_2 получившегося контура. Далее емкость конденсатора определяют по формуле

$$C_x\ (пф) = C_к\ (пф) \left(\frac{f_1^2}{f_2^2} - 1 \right).$$

Если известна индуктивность контурной катушки, то емкость конденсатора, включенного в контур, определяют по формуле

$$C_x\ (пф) = \frac{253}{f_{рез}^2\ (Мгц)\ L_0\ (мгн)}.$$

Для определения индуктивности катушки составляют контур из конденсатора известной емкости C_0 и катушки, индуктивность которой нужно измерить. Выше указанным способом определяют собственную частоту этого контура. Затем индуктивность определяют по формуле

$$L_x\ (мгн) = \frac{253}{f_{рез}^2\ (Мгц)\ C_0\ (пф)}.$$

Симметричный мультивибратор. Мультивибратор (рис. 46) представляет собой генератор колебаний, форма которых близка

к прямоугольной. Он содержит два усилителя, связанных между собой так, что выход одного из них соединен со входом другого через емкость. Если триоды ламп одинаковы, соответственно симметричные элементы имеют одинаковые величины, т. е. $R_1 = R_2$; $C_1 = C_2$, $R_3 = R_4$, то мультивибратор называют симметричным.

В процессе работы мультивибратора триоды лампы попеременно переходят от запертого состояния к отпертому. Запертое состояние, например, левого триода поддерживается током разряда конденсатора C_2. Этот ток, проходя через резистор R_3, создает на сетке левого триода напряжение, меньшее напряжения отсечки. Ток разряда конденсатора C_2 постепенно уменьшается, напряжение на сетке левого триода возрастает и, наконец, достигнув напряжения отсечки, отпирает триод. Из-за появления анодного тока левого триода уменьшается напряжение на его аноде, т. е. понижается напряжение на конденсаторе C_1, при этом уменьшается напряжение на сетке и анодный ток правого триода. Это ведет к увеличению напряжения на этом триоде. Увеличенное напряжение подается через конденсатор C_2 на сетку левого триода, что вызывает дальнейший рост его анодного тока. Процесс нарастания тока левого триода и уменьшения анодного тока правого триода происходит лавинообразно и прекращается, когда правый триод окажется запертым. В результате этого напряжение на аноде левого триода скачкообразно уменьшается, а на аноде правого триода возрастает и тогда начинается процесс зарядки конденсатора C_2 и разрядки C_1.

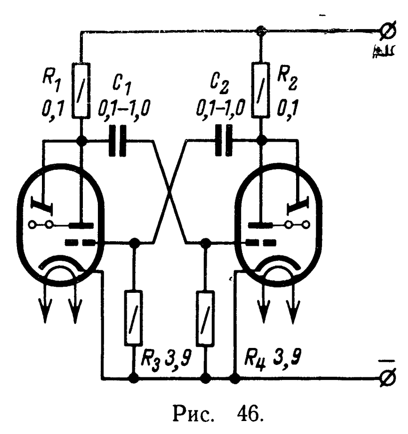


Рис. 46.

Таким образом, при работе мультивибратора триодные части лампы поочередно отпираются и запираются. Поскольку напряжение на аноде и соединенном с ним экране отпертой лампы составляет несколько десятков вольт, то энергия падающих на экран электронов недостаточна для возбуждения его свечения и экран затемнен. После запирания лампы напряжение на ее аноде и экране приближается к напряжению источника питания. При этом энергия электронов значительно возрастает, и экран индикатора ярко светится. Свечение экрана индикатора соответствует запертой лампе, а затемнение — открытой. Импульсы напряжения можно снять с анодной нагрузки любого триода.

ИЗМЕРИТЕЛИ НЕЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

К широко распространенным измерителям такого рода можно отнести измерители освещенности, температуры и другие.

Объективное определение освещенности производится путем измерения тока в цепи светочувствительного элемента. Между световым потоком Ф, падающим на светочувствительную поверхность

вакуумного фотоэлемента, и током в цепи фотоэлемента существует следующая зависимость $i_ф = \gamma\Phi$, которая позволяет проградуировать измеритель в единицах освещенности.

Объективное же определение температуры можно произвести путем измерения тока в цепи термочувствительного элемента терморезистора, между температурой которого и проходящим через него током существует пропорциональная зависимость, т. е. с повышением температуры сопротивление термистора уменьшается, а ток в цепи возрастает. Эта зависимость и положена в основу работы измерителя температуры.

Измеритель освещенности. Измеритель освещенности, схема которого представлена на рис. 47, состоит из делителя напряжения, включающего в себя вакуумный фотоэлемент СЦВ-4 и резистор R_1; усилителя на триоде совместно с индикатором и источника питания. Если напряжение, подаваемое на фотоэлемент, превышает 60—70 *в*, то его фототок прямо пропорционален световому потоку. Поэтому колебания питающего напряжения обычно не вносят ошибки при измерении освещенности.

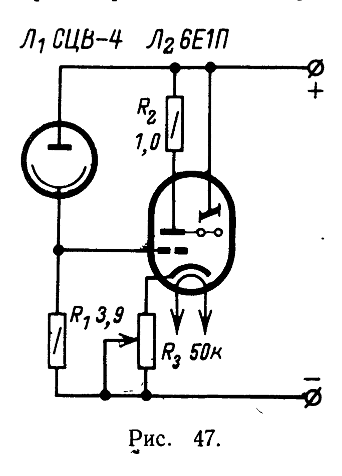


Рис. 47.

Если данный измеритель применить для измерения освещенности на поверхности светочувствительного слоя фотобумаги при проецировании на нее негативного изображения, то фотоэлемент нужно сделать выносным.

Измерителем пользуются следующим образом. После подачи напряжения питания на измеритель переменным резистором R_3 устанавливают такое напряжение смещения, при котором электронный пучок расфокусирован и свечением покрыт весь экран индикатора. Затем включают фотоувеличитель и фотоэлемент помещают в различные участки кадра проецируемого негатива. При этом в цепи фотоэлемента появляется ток, который создает дополнительное падение напряжения на резисторе R_1. Но так как это напряжение приложено к сетке триода 6Е1П, то его анодный ток увеличивается и уменьшается падение напряжения на аноде и управляющем электроде индикатора. Изменение напряжения на управляющем электроде индикатора будет пропорционально изменению фототока, если рабочая точка триода лежит на линейном участке его характеристики.

Если движок переменного резистора R_3 установить так, чтобы напряжение на катоде триода увеличилось на ту же величину, что и на сетке, то ширина электронного пучка останется прежней, и угол, на который был повернут движок, будет пропорционален освещенности фотоэлемента. Надев на ось переменного резистора R_3 картонный диск и головку с указателем, можно получить шкалу, которая с помощью эталонного люксметра может быть проградуирована в единицах освещенности. Абсолютное значение освещенности, как правило, не представляет интереса, и шкала градуируется в условных единицах. Например, с помощью оммет-

ра вся шкала резистора R_3 может быть разбита на 100 равных делений.

Данный прибор может быть применен для определения контрастности негатива, что позволит правильно выбрать тип фотобумаги. Контрастность негатива определяется путем измерения разницы между освещенностью наиболее светлого и наиболее темного участков негативного изображения. Чем больше эта разница, тем контрастнее негатив и тем мягче должна быть выбрана фотобумага.

Фотоэлемент необходимо поместить в плоскую коробочку с отверстием в верхней стенке. Отверстие диаметром 3—5 *мм* располагают над катодом фотоэлемента. Уменьшение диаметра отверстия нецелесообразно, так как влечет за собой снижение чувствительности прибора.

Чувствительность данного измерителя освещенности можно в несколько раз повысить, если фотоэлемент СЦВ-4 заменить фотоэлементом ЦГ-3 или фоторезистором ФС-К1 (рис. 48).

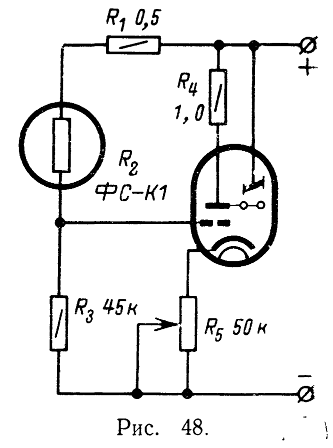


Рис. 48.

Реле времени с автоматически устанавливаемой выдержкой. Прибор, схема которого дана на рис. 49, представляет сочетание электронного экспонометра и реле времени.

Измерение освещенности производится с помощью фотоэлемента $Л_2$, включенного последовательно с резистором R_2 — R_5. Паде-

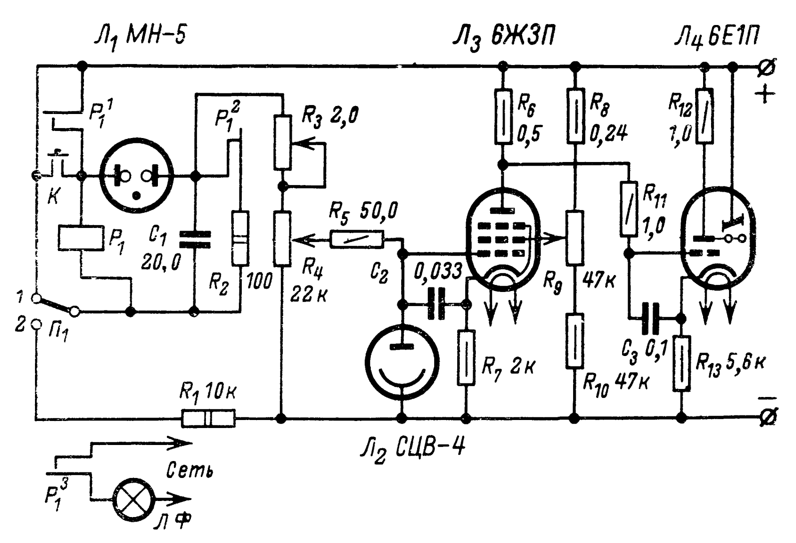


Рис. 49.

ние напряжения на резисторе R_5 пропорционально величине освещенности. Это напряжение изменяет смещение и, следовательно, анодный ток лампы $Л_3$. Усиление этой лампы регулируют изменением напряжения на ее экранной сетке с помощью переменного резистора R_9. Напряжение на управляющей сетке лампы $Л_3$ будет равно сумме падения напряжения на резисторе R_5 за счет фототока и напряжения на движке переменного резистора R_4, входящего в делитель напряжения питания. Подбором величины сопротивления R_4 можно добиться того, что напряжение на движке переменного резистора R_4 будет равно падению напряжения на резисторе R_5. Поскольку эти напряжения противоположны по знаку, то результирующее напряжение на управляющей сетке лампы $Л_3$ будет равно нулю, и анодный ток лампы будет определяться сопротивлением резистора автоматического смещения R_7. Усиление лампы устанавливают такое, чтобы при отсутствии сигнала на управляющей сетке лампы $Л_3$ расширение электронного пучка индикатора было максимальным.

При изменении освещенности фотоэлемента ширина электронного пучка индикатора остается неизменной тогда, когда изменяется величина компенсирующего напряжения на движке переменного резистора R_4 путем регулировки резистора R_3. При этом оказывается, что изменение сопротивления резистора R_3 пропорционально изменению освещенности фотоэлемента. Эта особенность резистора R_3 используется для автоматической установки выдержки времени в соответствии с освещенностью фотоэлемента, поэтому данный резистор вместе с резисторами R_2R_4 и конденсатором C_1 введен в зарядную цепь реле времени.

При пользовании прибором фотоэлемент, помещенный в коробочку с отверстием диаметром 6 *мм,* располагают в наиболее светлой части негативного изображения, при этом изменяется ширина электронного пучка. Резистором R_3 электронный пучок вводят в прежние границы, после чего реле времени на лампе $Л_1$ готово к отсчету выдержки. Переключатель $П_1$ устанавливают в положение 2, нажимают кнопку *К*, реле P_1 (ток срабатывания 10 *ма*) срабатывает и контакты P_1^1 блокируют пусковую кнопку, контакты P_1^3 замыкают цепь питания лампы фотоувеличителя, контакты P_1^2 размыкаются. Когда же напряжение на конденсаторе (C_1) достигнет напряжения зажигания неоновой лампы $Л_1$, то ток разряда конденсатора, проходящий через лампу $Л_1$ и реле P_1, компенсирует ток, протекающий через обмотку реле. При этом реле обесточивается и контакты P_1^3 разрывают цепь лампы фотоувеличителя, контакты P_1^2 подключают к конденсатору резистор, и конденсатор полностью разряжается.

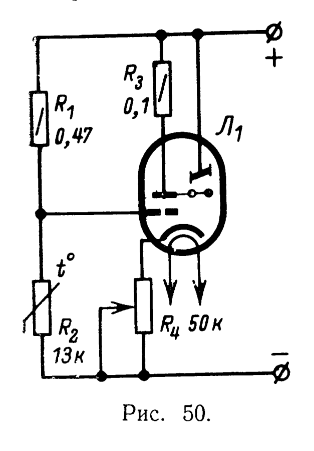


Рис. 50.

Измеритель температуры. Измеритель температуры (рис. 50) состоит из делителя напряжения на резисторах R_1, R_2 и усилителя с индикатором. Сопротивление терморезистора R_2 зависит от окружающей температуры, причем с изменением сопротивления терми-

стора будет меняться напряжение на участке сетка — катод триода, что ведет к изменению ширины электронного пучка индикатора.

Ширину электронного пучка индикатора при изменении температуры терморезистора целесообразно поддерживать постоянной с помощью переменного резистора R_4. Для этого терморезистор R_2 помещают в сосуд с тающим льдом. Туда же помещают и ртутный термометр. При температуре 0° С резистором R_4 устанавливают ширину электронного пучка, 5 *мм*, отмечают на баллоне лампы границы этого пучка штрихами краски. Затем нагревают сосуд с водой до 10° С, при этом изменится сопротивление терморезистора и падение напряжения на нем уменьшится; изменится и ширина электронного пучка. С помощью резистора R_4 электронный пучок вводят в отмеченные границы, а на шкале резистора R_4 против указателя отмечают 10°. Подобным образом градуируют шкалу до верхнего предела 100°. Этим прибором можно измерять температуру окружающей среды и растворов для фотопечати.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Цена 11 коп. 13792

Мне всегда нравились старые, сильно потрёпанные книжки. Потрёпанность книги говорит о её высокой востребованности, а старость о вечно ценном содержании. Всё сказанное в большей степени касается именно технической литературы. Только техническая литература содержит в себе ту великую и полезную информацию, которая не подвластна ни политическим веяниям, ни моде, ни настроениям! Только техническая литература требует от своего автора по истине великих усилий и знаний. Порой требуется опыт целой жизни, чтобы написать небольшую и внешне невзрачную книгу.

К сожалению ни что не вечно в этом мире, книги треплются, разваливаются на отдельные листы, которые затем рвутся в клочья и уходят в никуда. Плюс ко всему орды варваров, которым без разницы, что бросить в костёр или чем вытереть свой зад. Именно их мы можем благодарить за сожженные и растоптанные библиотеки.

Если у Вас есть старая книга или журнал, то не дайте им умереть, отсканируйте их и пришлите мне. Совместными усилиями мы можем создать по истине уникальное и ценное собрание старых технических книг и журналов.

Сайт старой технической литературы: